**مجله به‌زراعی نهال و بذر**
**جلد ۲-۳۵، شماره ۲، سال ۱۳۹۸**

# خصوصیات رشد و عملکرد دانه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تحت تاثیر ارتفاع برش و روش‌های کاربرد نانوکلات‌های روی و کلسیم

# Growth Characteristics and Seed Yield of Peanut (*Arachis hypogea* L.) as Affected by Topping Height and Application Methods of Zinc and Calcium Nano Chelates

امین نوبهار[۱]، معرفت مصطفوی‌راد[۲]، حمیدرضا ذاکرین[۳]، سعید سیف‌زاده[۳] و علیرضا ولدآبادی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران.

۲- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران.

۴- دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران.

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۵**

## چکیده

**نوبهار، ا.، مصطفوی‌راد، م.، ذاکرین، ح. ر.، سیف‌زاده، س. و ولدآبادی، ع. ر. ۱۳۹۸.** خصوصیات رشد و عملکرد دانه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) تحت تاثیر ارتفاع برش و روش‌های کاربرد نانوکلات‌های روی و کلسیم. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۵:** ۲۰۱- ۱۸۳.

**بادام زمینی یکی از مهمترین گیاهان خانواده حبوبات و غنی از روغن و پروتئین است. سرزنی بادام زمینی از نظر نفوذ نور خورشید به داخل سایه‌انداز گیاه و تغذیه معدنی گیاه برای بهبود عملکرد بادام زمینی ضروری است. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان (رشت) در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم سرزنی ساقه اصلی، سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده و بیست سانتی‌متری به عنوان عامل اصلی و استفاده از نانوکود کلات روی، کلسیم و ترکیب روی + کلسیم به روش خاکی، کاربرد نانوکود کلات روی، کلسیم و روی + کلسیم به روش محلول‌پاشی و مصرف نانو کود کلات روی، کلسیم و روی + کلسیم به روش توأم اکی و محلول‌پاشی به عنوان عامل فرعی بود. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۴/۴۷)، وزن صد دانه (۸۲/۱۹ گرم)، عملکرد دانه (۲۷۲۲ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد زیست‌توده (۶۵۴۰ کیلوگرم) و شاخص برداشت (۵۷/۵۳) و غلظت روی دانه (۱۲/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار محلول‌پاشی نانوکود کلات روی و سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری به دست آمد. بالاترین غلظت کلسیم دانه (۳۵/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در شرایط محلول‌پاشی نانوکود کلات کلسیم و سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع بیست سانتی‌متری مشاهده شد. به نظر می‌رسد که کاربرد نانو کود کلات روی و سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به دلیل افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی منجر به افزایش عملکرد بادام زمینی در شرایط اقلیمی گیلان شد.**

**واژه‌های کلیدی: بادام زمینی، سرزنی، وزن صد دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت.**

نگارنده مسئول: mmostafavirad@gmail.com تلفن: ۰۱۳۳۳۶۹۰۷۸۸

## مقدمه

بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی با عادت رشد نامحدود و از خانواده حبوبات است که دانه آن ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین دارد (Ozyigit and Mellmet, 2013). سطح زیر کشت بادام زمینی در ایران در حدود ۵۰۰۰ هکتار و در استان گیلان حدود ۲۶۰۰ هکتار است (Anonymous, 2017). گیاه بادام زمینی نیاز نوری بالایی دارد و نور خورشید به‌طور موثری عملکرد و پایداری آن را بهبود می‌بخشد (Supraptoa *et al*., 2013).

وجود عادت رشد نامحدود در بادام زمینی سبب تشکیل گل‌های دیرهنگام در انتهای بوته می‌شود. در این گیاه، تخمدان‌های تلقیح شده (پگ‌ها) در انتهای بوته نمی‌توانند برای تشکیل غلاف‌ها خود را به داخل خاک برسانند و این امر سبب کاهش عملکرد دانه بادام زمینی می‌شود. با سرزنی بوته‌های بادام زمینی می‌توان غالبیت انتهایی رشد گیاه را کاهش داد و از تولید گل‌های دیرهنگام در انتهای بوته جلوگیری نمود و نفوذ نور به داخل سایه‌انداز را بهبود بخشید (Ronald *et al*., 2009).

تغذیه بهینه با عناصر غذایی نیز از عوامل بسیار موثر بر عملکرد گیاهان زراعی است. کمبود کلسیم به‌ویژه در خاک‌های اسیدی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید بادام زمینی محسوب می‌شود. کلسیم در تلقیح تخمدان‌ها، تشکیل میوه، رسیدگی و پرشدن غلاف‌ها، عملکرد دانه و روغن نقش اساسی دارد و تثبیت زیستی نیتروژن را بهبود می‌بخشد (Kamara *et al*., 2011). کمبود کلسیم سبب نارس شدن غلاف‌ها، سقط جنین، جوانه‌زنی ضعیف بذور و تولید سموم آفلاتوکسین به‌وسیله قارچ آسپرژیلوس می‌شود (Murata, 2003). کاربرد کلسیم می‌تواند انواع بیماری‌های پوسیدگی غلاف و ریشه بادام زمینی را کاهش دهد (Kabir *et al*., 2013). گزارش شده است که کاربرد ۹۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کلسیم در هکتار سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی شد (Kirthisinghe *et al*., 2014).

عنصر روی برای تولید گیاهان زراعی ضرورت دارد (Daghan *et al*., 2013) و به‌عنوان یک فلز فعال‌کننده آنزیم‌های مختلف در گیاه و برخی هورمون‌ها عمل می‌کند و نقش مثبت آن بر عملکرد بادام زمینی ثابت شده است (Der *et al*., 2015). عنصر روی سبب افزایش ذخیره هیدرات‌های کربن، عمر دانه گرده، طول دوره گردهافشانی و تشکیل تعداد بیشتر دانه در گیاه می‌شود (Sharma, 2006). افزایش درصد پروتئین و روغن دانه بادام زمینی در واکنش به کاربرد عنصر روی نیز گزارش شده است (Pilehvari Khomami *et al*., 2008; Esmailpour *et al*., 2013).

محققان نشان داده‌اند که محلول‌پاشی و یا کاربرد توأم خاکی و محلول‌پاشی عنصر روی سبب بهبود عملکرد کمی و کیفیت دانه، جوانه‌زنی بذر، رویش و استقرار گیاه آفتابگردان (Cakmak, 2008) و افزایش میزان پروتئین کل دانه و عناصر موجود در دانه بادام زمینی شد

(Panjtandoust *et al*., 2010). به‌طور کلی، راهبرد تغذیه از طریق کاربرد خاکی و کاربرد محلول‌پاشی بر روی برگ‌ها می‌تواند منابع قابل دسترس‌تری از عناصر غذایی برای گیاه بادام زمینی باشد (Arunachalam *et al*., 2013). محققان متعددی اثر کاربرد روی به‌صورت محلول‌پاشی بر عملکرد دانه بادام زمینی و آفتابگردان را مثبت گزارش کرده‌اند (Irmaka *et al*., 2015; Khan *et al*., 2009; Sharma, 2006; Mirvat *et al*., 2006; Ali and Mowafy, 2003).

امروزه، فنآوری نانو کاربردهای وسیعی دارد و برای تصفیه آب، پالایش محیط زیست و فرآوری و بسته‌بندی صنایع غذایی و دارویی و تولید نانوذرات نظیر نانو کلات‌ها به‌وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lee *et al*., 2010; Bradley *et al*., 2011) و یک روش امیدبخش برای بهبود تولیدات کشاورزی و دفع آلودگی‌های زیست‌محیطی بشمار می‌رود (Stefania *et al*., 2013). نانو ذرات در حوزه‌های مختلف کشاورزی کاربرد گسترده‌ای دارد (Luca 2012; Johnson *et al*., 2005) و منشا انقلاب جدیدی برای همه علوم به‌ویژه علوم کشاورزی در آینده محسوب می‌شود (Das *et al*., 2005). نانوکودها در مقادیر کمتری مصرف و به‌سهولت جذب گیاه می‌شوند و سبب افزایش کمی و کیفی محصولات و درآمد کشاورزان می‌شود.

این پژوهش با هدف ارزیابی اثر سرزنی بوته و نانوکودهای کلات روی و کلسیم به دو روش خاکی و محلول‌پاشی بر عملکرد و ویژگی‌های رشد بادام زمینی در شرایط اقلیمی رشت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان (رشت) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عدم سرزنی، سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده و بیست سانتی‌متری به‌عنوان عامل اصلی و استفاده از نانوکود کلات روی، کلسیم، روی + کلسیم به‌روش خاکی، کاربرد نانوکود کلات روی، کلسیم، روی + کلسیم به‌روش محلول‌پاشی و مصرف نانوکود کلات روی، کلسیم، روی + کلسیم به‌روش توأم خاکی و محلول‌پاشی به‌عنوان عامل فرعی بود.

سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی طی دو مرحله به‌ترتیب پس از رسیدن ارتفاع ساقه اصلی به حدود ده و بیست سانتی‌متر انجام شد. در این آزمایش، رقم $NC_2$ (رقم محلی گلی) از کشاورزان پیشرو منطقه تهیه و کشت شد. نانو کود کلات کلسیم هفت درصد و نانوکود کلات روی ۱۲ درصد از شرکت دانش بنیان صدور احرار شرق تامین شد. اندازه مولکولی نانوکودهای مورد استفاده در این آزمایش زیر صد نانومتر بود. براساس توصیه

شـرکت تولیدکننـده، میـزان کـاربرد خـاکی نـانوکلات روی و کلسیم بـه‌ترتیب برابـر شـش و هشت کیلوگرم در هکتار بود و محلول‌پاشی آنها نیـز بـه‌ترتیب بـا غلظـت ۲ و ۱/۵ در هـزار طـی دو مرحله از رشـد گیـاه بـادام زمینـی (مرحلـه شـروع گـل‌دهی و سـی روز از پـس از مرحلـه نخسـت) انجام شد. خصوصیات فیزیکی و شـیمیایی خـاک قبـل از اجـرای آزمـایش (عمـق صـفر تـا سـی سانتی‌متری) در جدول ۱ ارائه شده است.

کاشـت بـادام زمینـی در تـاریخ پـانزدهم اردیبهشـت بـه صـورت دسـتی انجـام شـد. فاصـله ردیف‌های کاشت پنجاه و فاصـله بوتـه‌ها بـر روی ردیف کاشت بیست سانتی‌متر و هـر کـرت شـامل شش خط به‌طول پنج متر بـود. کنتـرل علف‌هـای هـرز بـه‌روش وجـین دسـتی در دو مرحلـه قبـل از گـل‌دهی و زمـان تشـکیل غلاف‌هـا همـراه بـا خاک‌دهی پای بوتـه‌های بـادام زمینـی انجـام شـد. براساس نتایج آزمون خاک، مقدار صـد کیلـوگرم در هکتار سوپرفسـفات تریپـل و شصـت کیلـوگرم در هکتار اوره (بـه‌عنوان نیتـروژن اسـتارتر) قبـل از مرحلـه کاشـت به‌وسـیله دیسـک سـبک بـه‌طور یکنواخت با خاک مخلوط شد.

در مرحله رسیدگی دانـه‌ها کـه بـا تغییـر رنـگ قهوه‌ای و ایجاد شیارهایی بر روی غلاف‌های بادام زمینی همراه بود، صفاتی نظیر ارتفـاع بوتـه، تعـداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانـه در غلاف، وزن صد دانـه بـا برداشـت بیسـت بوتـه تصـادفی از هـر کـرت انجـام شـد. عملکـرد زیست‌توده و عملکرد دانه با حذف نیم متر از ابتـدا و انتهای هر کرت و برداشت پنجاه بوتـه (پـنج متـر مربع) از ردیف‌های میانی هـر کـرت انـدازه‌گیری شد. شاخص برداشـت از نسـبت عملکـرد دانـه بـه عملکرد زیست‌توده و بـر حسـب درصـد محاسـبه شد. همچنین، محتـوای روی و کلسـیم دانـه بـادام زمینـی بـه‌روش جـذب اتمیـک تعیـین شـد (Zhao and Wu 2017; Berry and Johnson 1966).

تجزیه واریـانس مرکـب داده‌هـا پـس از انجـام آزمون بارتلت و اطمینان از همگنی واریانس اشتباه آزمایشـی بـا نرم‌افـزار آمـاری SAS و مقایسـه میانگین‌هـا بـا اسـتفاده از آزمـون حـداقل تفـاوت معنی‌دار (LSD) و در سـطح احتمـال پـنج درصـد انجـام شـد. در ایـن آزمـایش، اشـتباه آزمایشـی c مربـوط بـه برخـی از صـفات انـدازه‌گیری شـده بزرگ‌تر از اشتباه آزمایشی b بود کـه ناشـی از اثـر متقابـل بـین بلـوک و فـاکتور فرعـی بـود. بـدین ترتیـب، بـرای تصـحیح مقـدار اشـتباه آزمایشـی c میانگین مربعات اثر متقابل بلوک و فـاکتور فرعـی به‌طور جداگانه محاسبه و از مقدار اشتباه آزمایشـی c کسر و در جدول تجزیـه واریـانس مرکـب درج شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع گیاه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثـر سال، سرزنی، کوددهی و اثر متقابل آن‌ها بر ارتفاع گیاه در سطح احتمـال یـک درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کـه کـاربرد تـوأم نـانو کلات‌هـای روی و کلسـیم بـه‌روش

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Phisycal and chemical properties of the soil of the experimental field

| عمق خاک نمونه برداری (سانتی‌متر) Soil depth (cm) | اسیدیته خاک pH | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS $m^{-1}$) | درصد کربن آلی Organic carbon (%) | درصد نیتروژن کل Total nitrogen (%) | فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Available phosphorus (ppm) | پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Available potassium (ppm) | روی قابل جذب (قسمت در میلیون) Available zinc (ppm) | کلسیم تبادلی (میلی‌اکی‌والانت در گرم) Exchangeable calcium (meq $g^{-1}$) | درصد رس Clay (%) | درصد لوم Silt (%) | درصد شن Sand (%) | بافت خاک Soil texture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 5.93 | 0.61 | 2.00 | 0.175 | 11.1 | 234 | 5.7 | 23.5 | 28.3 | 25.3 | 46.4 | Silty clay لومی رسی |

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای خصوصیات رویشی و زایشی بادام زمینی تحت تأثیر سرزنی و نانوکودهای کلات روی وکلسیم و روش کاربرد آنها

Table 2. Combined analysis of variance for vegetative and reproductive characteristics of peanut as affected by topping and Zn and Ca nano-fertilizers and their application methods

| | | | Mean squares میانگین مربعات | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S.O.V | منبع تغییرات | درجه آزادی df. | ارتفاع گیاه Plant height | Number of branches | تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant | تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod | وزن صد دانه 100-seed weight | تعداد دانه در مترمربع Seed number per $m^2$ | عملکرد دانه Seed yield | شاخص برداشت Harvest index | عملکرد زیست‌توده Biological yield | مقدار کلسیم دانه Ca content of seed | مقدار روی دانه Zn content of seed |
| Year (Y) | سال | 1 | 369.97$^{**}$ | 30.46$^{**}$ | 16.91$^{**}$ | 0.46** | 721.12$^{**}$ | 22914.64$^{**}$ | 1282880.09$^{**}$ | 81.17$^{ns}$ | 3399001.3$^{**}$ | 118.51$^{**}$ | 42.26 $^{**}$ |
| Error a | اشتباه a | 4 | 5.34 | 0.31 | 0.39 | 0.001 | 2.66 | 38.42 | 9988.84 | 171.09 | 136377.2 | 0.85 | 23.44 |
| Topping (T) | سرزنی | 2 | 9759.82$^{**}$ | 66.25$^{**}$ | 8.58$^{ns}$ | 0.69$^{**}$ | 247.61$^{**}$ | 12511.71$^{**}$ | 1507764.57$^{**}$ | 830.06$^{**}$ | 21962544.1$^{**}$ | 439.63$^{**}$ | 8.92$^{**}$ |
| T × Y | سرزنی × سال | 2 | 1.03$^{ns}$ | 0.43$^{ns}$ | 0.10$^{ns}$ | 0.005$^{ns}$ | 5.34$^{ns}$ | 306.37$^{ns}$ | 17602.94$^{ns}$ | 0.87$^{ns}$ | 48161.4$^{ns}$ | 0.14$^{ns}$ | 0.05$^{ns}$ |
| Error b | اشتباه b | 8 | 6.26 | 1.01 | 5.38 | 0.04 | 11.66 | 1087.27 | 12651.73 | 55.89 | 475364.6 | 1.44 | 1.45 |
| Fertilizer (F) | کودها | 9 | 848.11$^{**}$ | 5.46$^{**}$ | 73.64$^{**}$ | 0.19$^{**}$ | 160.09$^{**}$ | 12697.23$^{**}$ | 1152789.60$^{**}$ | 327.70$^{**}$ | 4339045.2$^{**}$ | 51.90$^{**}$ | 25.10$^{**}$ |
| F × Y | کود × سال | 9 | 690.77 | 9.190 | 55.22$^{ns}$ | 0.20$^{ns}$ | 125.54$^{ns}$ | 392.65$^{ns}$ | 1771814.94 | 436.48$^{ns}$ | 6932444.7$^{ns}$ | 110.86$^{ns}$ | 41.59$^{**}$ |
| T× F | سرزنی × کود | 18 | 1.99$^{ns}$ | 0.011$^{**}$ | 3.56$^{**}$ | 0.003$^{**}$ | 5.37$^{**}$ | 17694.78$^{**}$ | 2418.21$^{**}$ | 16.77$^{ns}$ | 84421.8$^{**}$ | 0.33$^{**}$ | 0.22$^{ns}$ |
| T × F × Y | سرزنی × کود × سال | 18 | 0.81$^{ns}$ | 0.043$^{ns}$ | 2.48$^{ns}$ | 0.002$^{ns}$ | 6.027$^{ns}$ | 354.73$^{ns}$ | 11354.49$^{ns}$ | 21.33$^{ns}$ | 119333.8$^{ns}$ | 0.51$^{ns}$ | 0.09$^{ns}$ |
| Replication × F | تکرار × کود | 18 | 12.75 | 0.77 | 6.20 | 0.07 | 47.29 | 3061.84 | 88951.62 | 110.73 | 473275.8 | 4.63 | 4.02 |
| Error c | اشتباه c | 90 | 12.54 | 0.79 | 4.10 | 0.02 | 34.76 | 854.20 | 22792.44 | 45.40 | 313927.9 | 3.72 | 3.07 |
| C.V. (%) | درصد ضریب تغییرات | - | 6.70 | 14.63 | 13.33 | 12.57 | 8.14 | 16.84 | 11.95 | 18.78 | 15.71 | 5.89 | 3.88 |

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns: غیر معنی‌دار.

* and** : Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.
ns: Not- significant.

محلول‌پاشی تحت شرایط عدم سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی بیشترین ارتفاع بوته (۷۹/۱۰ سانتی‌متر) را داشت (جدول ۳). از نتایج چنین استنباط می‌شود که کاربرد توأم نانو کلات‌های روی و کلسیم از طریق محلولپاشی تحت شرایط عدم سرزنی ساقه اصلی باعث افزایش ارتفاع بوته شد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش رشد رویشی و ارتفاع بوته در واکنش به تغذیه با عناصر غذایی روی و کلسیم باشد.

دِر و همکاران (Der *et al*., 2015) گزارش کردند که کاربرد عنصر روی سبب افزایش تولید ماده خشک و ارتفاع بوته گیاه بادام زمینی شد. در مطالعات مختلف مصرف کلسیم سبب بهبود رشد و تولید ماده خشک بادام زمینی شد (Cakmak, 2008; Ntare *et al*., 2008; Kabir *et al*., 2013; Kirthisinghe *et al*., 2014). در این آزمایش، سرزنی بوته‌ها از ارتفاع ده سانتی‌متری و عدم کاربرد ترکیب نانوکلات‌های روی و کلسیم منجر به کاهش رشد طولی و ارتفاع بوته‌های بادام زمینی شد. پنداشته و همکاران (Pendashteh *et al*., 2011) نیز گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی کودهای حاوی عنصر روی سبب افزایش ارتفاع بوته بادام‌زمینی شد.

## تعداد شاخه‌های فرعی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال و اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد شاخه‌های فرعی بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی بادام زمینی (۸/۴۶) در شرایط کاربرد نانو کلات روی به روش توأم خاکی و محلول‌پاشی در شرایط سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده سانتی‌متری به دست آمد (جدول ۳). بدین ترتیب سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع نسبتا پایین، منجر به تولید شاخه‌های بیشتری در مقایسه با دیگر تیمارهای مورد مطالعه شد و کاربرد عنصر روی در چنین شرایطی منجر به افزایش بیشتر رشد جوانه‌های جانبی و افزایش تعداد شاخه‌های فرعی گردید. با افزایش تعداد شاخه‌های فرعی تعداد بیشتری گل بر روی گیاه تشکیل می‌شود و گل‌ها پس از تلقیح تبدیل به غلاف می‌شوند و بدین ترتیب عملکرد میوه (غلاف) و دانه بادام زمینی افزایش پیدا می‌کند.

محلول‌پاشی و کاربرد خاکی کلسیم در شرایط عدم سرزنی و سرزنی ساقه اصلی از ارتفاع ده سانتی‌متری ساقه بادام زمینی سبب کاهش تعداد شاخه‌های فرعی گیاه شد. نتایج بیانگر آن است که عنصر غذایی روی و کلسیم به‌ترتیب سبب افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه بادام زمینی می‌شوند و کابرد توأم آنها می‌تواند نقش موثری در در ایجاد تعادل بین رشد رویشی و زایشی بادام زمینی داشته باشد. به‌طور کلی، راهبرد تغذیه از طریق کاربرد خاکی و محلول‌پاشی روش موثری برای تغذیه گیاه بادام زمینی گزارش شده است (Arunachalam *et al*., 2013).

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات رویشی و زایشی بادام زمینی تحت تأثیر متقابل سرزنی × روش کاربرد نانوکودهای کلسیم و روی

Table 3. Mean comparison of vegetative and reproductive characteristics of peanut as affected by the interaction effect of topping × application methods of Zn and Ca nano fertilizers

| Treatment | تیمار | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm) | تعداد شاخه فرعی Number of branches | تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant | تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod | وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg ha$^{-1}$) | شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%) | عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha$^{-1}$) | مقدار کلسیم دانه (قسمت در میلیون) Ca content of seed (ppm) | مقدار روی دانه (قسمت در میلیون) Zn content of seed (ppm) | تعداد دانه در متر مربع Seed number per m$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | No topping عدم سرزنی | | | | | | |
| Soil application of Zn | مصرف خاکی روی | 65.99 | 7.23 | 15.63 | 1.11 | 73.85 | 1322.33 | 30.69 | 4086.16 | 22.16 | 8.25 | 174.75 |
| Soil application of Ca | مصرف خاکی کلسیم | 73.68 | 5.93 | 13.59 | 1.05 | 73.27 | 985.16 | 32.34 | 3274.50 | 24.94 | 4.49 | 143.40 |
| Soil application of Ca + Zn | مصرف خاکی روی + کلسیم | 63.42 | 8.18 | 12.27 | 1.12 | 69.13 | 944.33 | 26.60 | 3557.66 | 26.39 | 10.32 | 136.88 |
| Foliar application of Zn | محلول‌پاشی روی | 49.27 | 6.97 | 15.30 | 1.18 | 72.02 | 1345.50 | 35.36 | 3789.66 | 26.30 | 9.19 | 181.95 |
| Foliar application of Ca | محلول‌پاشی کلسیم | 73.91 | 6.83 | 17.51 | 1.03 | 73.35 | 1455.50 | 34.00 | 4247.83 | 27.44 | 9.47 | 180.61 |
| Foliar application of Zn + Ca | محلول‌پاشی روی + کلسیم | 79.10 | 7.94 | 15.14 | 1.48 | 71.05 | 1817.50 | 38.21 | 4484 | 29.86 | 4.63 | 226.13 |
| Integrated application of Zn | کاربرد تلفیقی روی | 38.15 | 6.35 | 13.61 | 1.16 | 69.12 | 975.83 | 21.97 | 4722.83 | 25.14 | 9.36 | 157.24 |
| Integrated application of Ca | کاربرد تلفیقی کلسیم | 67.96 | 3.51 | 14.69 | 1.51 | 74.39 | 1785.83 | 43.15 | 3947.00 | 25.54 | 5.37 | 221.48 |
| Integrated application of Zn + Ca | کاربرد تلفیقی روی + کلسیم | 65.89 | 6.74 | 14.55 | 1.38 | 74.28 | 1630.66 | 40.25 | 4040.83 | 29.37 | 8.18 | 201.75 |
| No nano-fertilizer | عدم کاربرد نانوکود | 66.81 | 5.81 | 15.30 | 1.18 | 74.86 | 1270.66 | 31.84 | 4010.33 | 32.04 | 9.17 | 181.50 |
| | | | | | | Topping at 10 cm height سرزنی از ارتفاع ده سانتی‌متری | | | | | | |
| Soil application of Zn | مصرف خاکی روی | 33.53 | 3.66 | 14.27 | 0.82 | 75.06 | 875.16 | 36.17 | 2436.66 | 31.89 | 5.15 | 117.67 |
| Soil application of Ca | مصرف خاکی کلسیم | 58.60 | 4.96 | 14.12 | 0.87 | 71.99 | 1005.00 | 44.88 | 2198.33 | 31.60 | 7.64 | 125.33 |
| Soil application of Ca + Zn | مصرف خاکی روی + کلسیم | 51.48 | 5.83 | 14.83 | 1.29 | 71.92 | 1300.16 | 34.09 | 3792.33 | 31.19 | 8.42 | 189.01 |
| Foliar application of Zn | محلول‌پاشی روی | 37.85 | 4.34 | 18.85 | 0.83 | 69.74 | 781.33 | 36.57 | 2485.50 | 34.91 | 4.95 | 156.39 |
| Foliar application of Ca | محلول‌پاشی کلسیم | 50.29 | 3.94 | 15.93 | 0.89 | 79.47 | 1073.50 | 43.21 | 2507.50 | 32.42 | 4.80 | 141.84 |
| Foliar application of Zn + Ca | محلول‌پاشی روی + کلسیم | 39.95 | 6.64 | 15.06 | 1.36 | 71.02 | 1344.33 | 35.04 | 4087.16 | 29.96 | 9.93 | 207.03 |
| Integrated application of Zn | کاربرد تلفیقی روی | 32.51 | 8.46 | 14.16 | 0.82 | 74.36 | 969.33 | 40.08 | 1595.66 | 32.07 | 4.60 | 117.04 |
| Integrated application of Ca | کاربرد تلفیقی کلسیم | 39.76 | 3.50 | 13.83 | 0.89 | 74.37 | 887.16 | 42.92 | 2046.50 | 31.79 | 4.53 | 125.55 |
| Integrated application of Zn + Ca | کاربرد تلفیقی روی + کلسیم | 25.39 | 5.71 | 15.86 | 1.22 | 66.08 | 1217.66 | 43.23 | 2809.66 | 33.22 | 9.15 | 191.97 |
| No nano-fertilizer | عدم کاربرد نانوکود | 22.40 | 7.33 | 17.52 | 1.13 | 70.35 | 1348.16 | 27.86 | 4822.00 | 34.04 | 9.01 | 197.57 |
| LSD 5% = | | 2.2320 | 0.3007 | 0.0001 | 0.0989 | 3.4072 | 95.0670 | 4.1049 | 389.3621 | 0.5330 | 0.8483 | 13.17 |

Table 3. Continuated

ادامه جدول ۳-

| Treatment | تیمار | ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm) | تعداد شاخه فرعی Number of branches | تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant | تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod | وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg $ha^{-1}$) | شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%) | عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg $ha^{-1}$) | مقدار کلسیم دانه (قسمت در میلیون) Ca content of seed (ppm) | مقدار روی دانه (قسمت در میلیون) Zn content of seed (ppm) | تعداد دانه در متر مربع Seed number per $m^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Topping at 20 cm height سرزنی از ارتفاع بیست سانتی‌متری | | | | | | |
| Soil application of Zn | مصرف خاکی روی | 54.39 | 7.36 | 12.38 | 1.25 | 67.97 | 757.83 | 24.32 | 3494.83 | 33.88 | 9.37 | 159.89 |
| Soil application of Ca | مصرف خاکی کلسیم | 58.98 | 5.79 | 15.76 | 1.35 | 73.62 | 1456.83 | 35.52 | 4101.50 | 34.29 | 6.93 | 212.31 |
| Soil application of Ca + Zn | مصرف خاکی روی + کلسیم | 57.57 | 7.57 | 23.30 | 1.33 | 70.23 | 2611.50 | 45.10 | 5549.00 | 33.37 | 8.27 | 305.38 |
| Foliar application of Zn | محلول‌پاشی روی | 51.88 | 6.81 | 24.47 | 1.21 | 82.19 | 2722.50 | 57.53 | 6540.00 | 32.11 | 12.08 | 300.31 |
| Foliar application of Ca | محلول‌پاشی کلسیم | 60.91 | 6.31 | 18.30 | 1.21 | 75.31 | 1768.50 | 40.66 | 4406.00 | 35.86 | 9.36 | 218.72 |
| Foliar application of Zn + Ca | محلول‌پاشی روی + کلسیم | 29.61 | 5.01 | 14.38 | 1.23 | 71.46 | 1340 | 48.69 | 2742.33 | 33.50 | 9.43 | 177.97 |
| Integrated application of Zn | کاربرد تلفیقی روی | 54.82 | 6.10 | 12.87 | 1.14 | 72.65 | 1025.83 | 34.28 | 2977.00 | 32.65 | 8.61 | 149.63 |
| Integrated application of Ca | کاربرد تلفیقی کلسیم | 61.35 | 4.92 | 11.06 | 1.02 | 64.57 | 729.16 | 26.41 | 2743.00 | 21.47 | 3.94 | 113.33 |
| Integrated application of Zn + Ca | کاربرد تلفیقی روی + کلسیم | 60.93 | 4.41 | 10.98 | 0.93 | 64.30 | 599.50 | 25.12 | 2715.00 | 21.16 | 3.71 | 102.71 |
| No nano-fertilizer | عدم کاربرد نانوکود | 59.28 | 4.80 | 10.32 | 0.88 | 60.50 | 549.83 | 19.94 | 2739.00 | 21.95 | 3.93 | 91.07 |
| LSD5% = | | 2.2320 | 0.3007 | 0.0001 | 0.0989 | 3.4072 | 95.0670 | 4.1049 | 389.3621 | 0.5330 | 0.8483 | 13.17 |

**تعداد غلاف در بوته**

اثر سال و تیمار کودی و اثر متقابل آن با سرزنی بوته‌ها بر تعداد غلاف در بوته بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی تعداد غلاف در بوته بادام زمینی تحت تاثیر سرزنی بوته‌ها قرار نگرفت (جدول ۲). بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۴/۴۷ عدد) تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری در واکنش به کاربرد نانوکود کلات روی به‌روش محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۳). محققان دیگر نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد (Nakhzari Moghaddam, 2012). همچنین در مطالعه مشابه‌ای گزارش شده است که کاربرد کلسیم (Kamara *et al*., 2011) و عنصر روی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته بادام زمینی شد (Pilehvari Khomami *et al*., 2008) و روش محلول‌پاشی بر روش کاربرد خاکی برتری داشت (Irmaka *et al*., 2015).

از نتایج چنین استنباط می‌شود که کابرد عنصر روی در واکنش به سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری از طریق افزایش تعداد شاخه‌های فرعی سبب افزایش تعداد گل و غلاف در گیاه می‌شود و کاربرد توأم عناصر غذایی روی و کلسیم تا حدی سبب تنزل تعداد علاف در بوته بادام زمینی می‌شود که می‌تواند ناشی از بازدارندگی نسبی رشد رویشی ناشی از کاربرد عنصر کلسیم باشد. با این توصیف، نتایج نشان داد که کاربرد هر دو عنصر غذایی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته شد. ولی، عنصر غذایی روی از این نظر بر عنصر کلسیم برتری داشت. از نتایج چنین استنباط می‌شود که افزایش تعداد غلاف برای ارتقای عملکرد دانه بادام زمینی لازم و ضروری است ولی افزایش غلاف‌های نارس منجر به افزایش عملکرد نمی‌شوند.

غلاف‌هایی که بتوانند چرخه حیات خود را به‌طور طبیعی سپری کنند، منجر به افزایش عملکرد دانه در بادام زمینی می‌شوند و تشکیل گل‌ها و غلاف‌های دیرهنگام نه تنها سبب افزایش عملکرد دانه نمی‌شوند، بلکه با مصرف بخشی از مواد فتوسنتزی منجر به کاهش عملکرد محصول می‌شوند. نتایج مشابه‌ای نیز در مطالعه بر روی کلزا گزارش شده است (Mostafavi Rad, 2013). محققان دیگر در مطالعه بر روی باقلا (Nakhzari Moghaddam, 2012) و بادام زمینی (Pilehvari Khomami *et al*., 2008) افزایش تعداد غلاف در بوته را از شاخص‌های مهم افزایش عملکرد در واحد سطح گزارش کردند.

**تعداد دانه در غلاف**

نتایج نشان داد که اثر سال و اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در غلاف بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در غلاف (۱/۵۱ غلاف) در شرایط کاربرد خاکی و محلول‌پاشی نانوکود کلات کلسیم و عدم سرزنی بوته‌های بادام زمینی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تعداد دانه در غلاف (۱/۴۸ غلاف)

در شرایط کاربرد توأم عناصر غذایی روی و کلسیم به‌روش محلول‌پاشی نداشت (جدول ۳). گزارش شده است که تشکیل بیشترین تعداد دانه در غلاف در شرایط سرزنی باقلا بود (Nakhzari Moghaddam, 2012). نتایج تحقیقات پیشین نیز نشان داده است که محلول‌پاشی عنصر روی و کلسیم بر اندام‌های هوایی سبب بهبود تعداد دانه به‌ترتیب در طبق آفتابگردان (Cakmak, 2008) و غلاف بادام زمینی شد (Kamara *et al*., 2011).

**تعداد دانه در مترمربع**

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر اصلی سال، سرزنی بوته‌ها، کوددهی و اثر متقابل آنها بر تعداد دانه در متر مربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین تعداد دانه در مترمربع تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری و محلول‌پاشی نانو کلات روی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی کلسیم نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که افزایش تعداد دانه در مترمربع منجر به افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در هکتار گردید.

**وزن صد دانه**

اثر سال و اثر ساده کود و اثر متقابل سرزنی × کوددهی بر وزن صد دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر ساده سرزنی بر وزن صد دانه بادام زمینی معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین وزن صد دانه بادام زمینی (۸۲/۱۹ گرم) در اثر کاربرد نانو کود کلات روی به‌روش محلول‌پاشی و در شرایط سرزنی گیاه از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد خاکی و هم‌زمان روی و کلسیم نداشت (جدول ۳). محققان دیگر نیز نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب افزایش وزن صد دانه شد (Nakhzari Moghaddam, 2012). در مطالعه اثر عنصر روی بر گیاه لوبیا نیز گزارش شده است که محلول‌پاشی عنصر روی سبب افزایش وزن صد دانه لوبیا شد (Salehin and Rahman, 2012).

نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نانوکود کلات روی تولید ماده خشک گیاه و تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها را افزایش داد و سبب افزایش وزن صد دانه بادام زمینی شد که با نتایج کبیر و همکاران (Kabir *et al*., 2013) مطابقت داشت. برخی محققان نیز بیشترین وزن صد دانه آفتابگردان را در شرایط کاربرد خاکی عنصر غذایی روی گزارش کردند (Khan *et al*., 2009). بدین ترتیب، راهبرد تغذیه از طریق کاربرد خاکی و محلول‌پاشی بسته به نوع گیاه زراعی و شرایط اقلیمی می‌تواند مقادیر مناسبی از عناصر غذایی را در دسترس گیاه قرار دهد (Arunachalam *et al*., 2013).

**عملکرد دانه بادام زمینی**

اثر سال، سرزنی بوته، کاربرد نانو کودهای

کلات روی و کلسیم و اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح (۲۷۲۲ کیلوگرم) تحت تاثیر سرزنی بوته‌های بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری و کاربرد نانو کلات روی به‌روش محلول‌پاشی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه بادام زمینی (۲۶۱۱ کیلوگرم در هکتار) در واکنش به کاربرد توأم نانوکودهای کلات روی و کلسیم به‌روش خاکی نداشت (جدول ۳).

محققان متعددی گزارش کرده‌اند که کاربرد عنصر کلسیم (Khurana and Chatterjee, 2001; Kirthisinghe *et al*., 2014) و عنصر روی (Pilehvari Khomami *et al*., 2008; Esmailpour *et al*., 2013; Der *et al*., 2015) سبب افزایش عملکرد دانه شد. محققان دیگر محلول‌پاشی برگی را روش مناسبی برای افزایش عملکرد دانه بادام زمینی و آفتابگردان گزارش کرده‌اند (Cakmak, 2008; Khan *et al*., 2009; Baybordi and Mamedov, 2010; Pendashteh *et al*., 2011; Irmak *et al*., 2015). براساس نتایج این آزمایش محلول‌پاشی عناصر غذایی روش مناسب‌تری برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بادام زمینی است.

علت افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در واکنش به سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری می‌تواند ناشی از نفوذ بهتر نور خورشید به داخل سایه‌انداز و افزایش بهره‌برداری از تشعشات خورشیدی و همچنین جلوگیری از شیوع بیماری‌هایی نظیر لکه‌برگی سرکوسپرا باشد. چون سایه‌اندازی در داخل بوته‌های بادام زمینی سبب شیوع بیماری لکه‌برگی سرکوسپرا می‌شود که یکی از بیماری‌های شایع منطقه می‌باشد و می‌تواند خسارت ۳۰ تا ۵۰ درصدی بر عملکرد بادام زمینی وارد سازد (Daghan *et al*., 2013; Mohammed, 2004).

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کاربرد جداگانه عنصر غذایی روی و یا کاربرد آن به صورت ترکیب با عنصر کلسیم به‌روش محلول‌پاشی و یا خاک مصرف، تاثیر مثبت بر اجزای عملکرد نظیر تعداد تعداد غلاف در بوته، دانه در غلاف و وزن صد دانه داشت. چنین به‌نظر می‌رسد که کاربرد خاکی و محلول‌پاشی نانو کلات‌های روی و کلسیم در طی مراحل رشد می‌تواند از طریق بهبود فرآیند فتوسنتزی گیاه بادام زمینی، تولید هیدرات‌های کربن و پرشدن دانه‌ها و کاهش تعداد غلاف‌های خالی، عملکرد و اجزای عملکرد آن را بهبود بخشد (Der *et al*., 2015).

## شاخص برداشت دانه

در این آزمایش، اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر شاخص برداشت دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ولی، اثر سال بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۵۷/۵۳ درصد) در شرایط محلول‌پاشی نانوکود

کلات روی در واکنش به سرزنی بوته‌های بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۳). محققان در مطالعه مشابه‌ای نشان دادند که سرزنی بوته‌های باقلا سبب کاهش رشد رویشی و انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و افزایش شاخص برداشت دانه شد (Nakhzari Moghaddam, 2012).

به‌نظر می‌رسد که با سرزنی بادام زمینی جوانه‌های جانبی بیشتر برانگیخته می‌شوند و با افزایش تولید شاخه‌های فرعی در بوته‌های بادام زمینی، تعداد گل و غلاف‌های تشکیل شده بر روی گیاه افزایش می یابد. بدین ترتیب تولید میوه و شاخص برداشت دانه بادام زمینی بهبود پیدا می‌کند. نتایج نشان داد که افزایش شاخص برداشت در زراعت بادام زمینی تا حدی می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه در این گیاه شود و افزایش بیشتر آن از طریق کاهش رشد رویشی منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و در چنین شرایطی حتی با وجود مخزن‌های فیزیولوژیک قوی نمی‌توان به عملکرد قابل قبولی دست پیدا کرد.

نتایج این مطالعه نشان داد پائین بودن شاخص برداشت دانه یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد دانه بادام زمینی است. بدین ترتیب، چنانچه شرایط رشد زایشی برای گیاه بادام زمینی مساعد شود ضمن تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به کخزن‌های فیزیولوژیک (غلاف‌ها) و افزایش شاخص برداشت، عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح بهبود پیدا می‌کند.

## عملکرد زیست‌توده

اثر سال، سرزنی بوته‌ها، نانو کودهای کلات روی و کلسیم و اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد زیست‌توده بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد نشان داد که بیشترین عملکرد زیست‌توده بادام زمینی (۶۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) در اثر استفاده توأم نانوکود کلات روی به‌روش محلول‌پاشی و در شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۳). سایر محققان نیز نشان دادند که محلول‌پاشی عنصر روی سبب افزایش رشد و تولید ماده خشک در لوبیا شد (Salehin and Rahman, 2012). محققان دیگری گزارش کرده‌اند که کاربرد عنصر غذایی روی سبب بهبود جوانه‌زنی بذر، رویش و استقرار گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (Cakmak, 2008) شد. همچنین گزارش شده است که عنصر غذایی روی از طریق افزایش تولید ماده خشک، سبب افزایش عملکرد میوه و دانه بادام زمینی شد (Der *et al*., 2015).

نتایج نشان داد که سرزنی بوته‌ها از طریق افزایش نفوذپذیری نور خورشید به داخل سایه‌انداز گیاه، افزایش گل‌دهی و تولید غلاف و محلول‌پاشی عنصر غذایی روی از طریق بهبود دسترسی عنصر غذایی روی برای گیاه سبب افزایش تعداد شاخه فرعی، ارتفاع گیاه و بهبود اجزای عملکرد دانه بادام زمینی شد و ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید میزان ماده خشک در واحد سطح را افزایش داد و سرانجام منتج به افزایش

عملکرد دانه در واحد سطح شد.

در این پژوهش، افزایش تولید زیست‌توده سبب افزایش عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح شد. بدین ترتیب، به‌نظر می‌رسد که کمبود منابع فتوسنتزی یکی از موانع اصلی افزایش عملکرد بادام زمینی بود و تشکیل منابع فتوسنتزی قوی و تولید زیست‌توده کافی برای دستیابی به عملکرد بیشتر در زراعت بادام زمینی لازم است. نتایج نشان داد که عملکرد دانه بادام زمینی با افزایش عملکرد زیست‌توده افزایش یافت و کمبود سطح فتوسنتزی در زراعت بادام زمینی می‌تواند یکی از عوامل محدود کننده عملکرد دانه در واحد سطح باشد. از نتایج به‌ست آمده چنین استنباط می‌شود که افزایش عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت دانه به موازات یکدیگر می‌تواند گام موثری در راستای بهبود عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح باشد.

## محتوای کلسیم دانه

اثر سال و اثر ساده و متقابل تیمارهای مورد مطالعه بر محتوای کلسیم دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین محتوای کلسیم دانه بادام زمینی (۳۵/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اثر محلول‌پاشی نانوکودکلات کلسیم و تحت شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۳). گزارش شده است که محلول‌پاشی عناصر غذایی به ویژه در شرایط عدم امکان جذب آن‌ها از طریق ریشه گیاه می‌تواند نتایج مطلوبی را به‌همراه داشته باشد (Mostafavi Rad, 2013).

سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری عملکرد دانه و محتوای کلسیم دانه بادام زمینی را افزایش داد و محلول‌پاشی نانوکلات کلسیم سبب افزایش جذب و تجمع عنصر غذایی کلسیم در دانه بادام زمینی شد. محلول‌پاشی نانوکود کلات کلسیم از نظر جذب و افزایش غلظت آن در دانه بادام زمینی بر روش‌های مصرف دیگر برتری داشت (جدول ۳). براساس نتایج این پژوهش محلول‌پاشی می‌تواند روش آسان‌تری برای فراهمی عنصر عذایی کلسیم برای گیاه بادام زمینی باشد. نتایج بیانگر آن است که کاربرد عنصر غذایی کلسیم سبب بهبود جذب عنصر روی به‌وسیله گیاه و رشد زایشی آن می‌شود و اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی گیاه را افزایش می‌دهد و از رشد رویشی گیاه می‌کاهد.

## محتوای روی دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال، سرزنی بوته‌ها، کاربرد نانوکودهای کلات روی و کلسیم و اثر متقابل آنها بر محتوای روی دانه بادام زمینی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین محتوای روی دانه بادام زمینی (۱۲/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در اثر محلول‌پاشی نانوکود کلات روی و در شرایط سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری به‌دست آمد (جدول ۳). محققین دیگری در مطالعه بر روی کلزا نشان دادند که محلول‌پاشی عنصر غذایی روی

سبب افزایش غلظت روی در دانه کلزا شد (Mostafavi Rad, 2013).

نتایج نشان داد که محتوای روی دانه در واکنش به محلول‌پاشی نانوکود کلات روی افزایش یافت. محلول‌پاشی عنصر غذایی روی روش مطمئن و آسان‌تری برای جذب و تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش انباشت عناصر غذایی در دانه و سایر بافت‌های گیاهی بادام زمینی محسوب می‌شود و می‌تواند تاثیر بسزایی بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه بادام زمینی داشته باشد.

نتایج نشان داد که عنصر روی نیز تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی بادام زمینی را افزایش می‌دهد که این امر می‌تواند ناشی از افزایش جذب و ذخیره بیشتر عنصر کلسیم در دانه و دیگر اندام‌های گیاه بادام زمینی در واکنش به کاربرد عنصر روی باشد. در واقع، نتایج نشان داد که هم‌افزایی در جذب عناصر روی و کلسیم تحت شرایط کاربرد هم‌زمان این عناصر غذایی شد که به تبع آن می‌تواند سبب بروز آثار مثبت و شکوفایی پتانسیل ژنتیکی گیاه در راستای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی شود.

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد نانوکودهای کلات روی و کلسیم به‌روش محلول‌پاشی تحت شرایط سرزنی ساقه اصلی بادام زمینی از ارتفاع بیست سانتی‌متری سبب افزایش رشد زایشی و رویشی بوته بادام زمینی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دانه آن در مقایسه با تیمارهای دیگر شد. در این پژوهش، عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح با افزایش عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت بهبود پیدا کرد. این امر بیانگر آن است که رشد اندام‌های فتوسنتزکننده به موازات افزایش ظرفیت مخزن‌های فیزیولوژیک می‌تواند منجر به بهبود عملکرد دانه بادام زمینی در واحد سطح شود.

نتایج نشان داد که سرزنی بوته‌ها از ارتفاع بیست سانتی‌متری و و کاربرد نانو کودهای کلات روی و کلسیم به‌دلیل ایجاد تعادل بین رشد رویشی و زایشی، بهبود نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه منجر به افزایش عملکرد دانه بادام زمینی شد. کاربرد هم‌زمان عناصر غذایی روی و کلسیم به‌روش محلول‌پاشی نیز می‌تواند منجر به بروز هم‌افزایی در جذب و ذخیره عناصر غذایی در دانه و دیگر بافت‌های گیاهی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه بادام زمینی شود.

## سپاسگزاری

نگارندگان از مدیریت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان که زمینه اجرای این آزمایش را در مزرعه تحقیقاتی آن مرکز در رشت فراهم کردند، سپاسگزاری می‌کنند.

## References

**Ali, A., and Mowafy, S. A. 2003.** Effect of different levels of potassium and phosphorus fertilizers with the foliar application of zinc and boron on peanut in sandy soils. Zagazig Journal of Agricultural Research 30: 335-358.

**Anonymous. 2017.** Management and planning organization of Guilan. (Accessed 12 October 2017). https://en.wikipedia.org/wiki/Management and Planning Organization of Iran.

**Arunachalam, P., Kannan, P., Prabukumar, G., and Govindaraj, M. 2013.** Zinc deficiency in Indian soils with special focus to enrich zinc in peanut. African Journal of Agricultural Research 8 (50): 6681-6688.

**Baybordi, A., and Mamedov, G. 2010.** Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Journal of Natural Science Biology 2 (1): 94-103.

**Bradley, E. L., Castle, L., and Chaudhry, Q. 2011.** Applications of nanomaterials in food packaging with a consideration of opportunities for developing countries. Trends in Food Science and Technology 22: 604-10

**Cakmak, I. 2008.** Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic biofortification. Plant and Soil 302: 1-17.

**Daghan, H., Uygur, V., Koleli, N., Arslan, M., and Eren, A. 2013.** The effect of heavy metal treatments on uptake of nitrogen, phosphorus and potassium in transgenic and non-transgenic tobacco plants. Journal of Agricultural Sciences 19: 129-139 (in Persian).

**Das, K., Dang, R., Shivananda, T. N., and Sur, P. 2005.** Interaction between phosphorus and zinc on the biomass yield and yield attributes of the medicinal plant stevia (*Stevia rebaudiana*). Science World Journal 5: 390–395.

**Der, H. N., Vaghasia, P. M., and Verma, H. P. 2015.** Effect of foliar application of potash and micronutrients on growth and yield attributes of groundnut. Annual Agricultural Research 36 (3): 275-278.

**Esmailpour, S., Asghari, J., Safarzadeh Vishgayi, M. N., and Samizadeh Lahiji, H. 2013.** Effect of sulphur and zinc on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 11(2): 30 (in Persian).

**Irmaka, S., Nuran Cil, A., Yucel, H., and Kaya, Z. 2015.** Effects of zinc application on yield and some yield components in peanut (*Arachis hypogaea* L.) in the easthern Mediterranean region. Journal of Agricultural Sciences 22: 109-116.

**Johnson, S. E., Lauren, J. G., Welch, R. M., and Duxbury, J. M. 2005.** A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. Experimental Agriculture 41: 427-448.

**Kabir, R., Yeasmin, S., Mominul Islam, A. K. M., and Abdur Rahman Sarkar, M. D. 2013.** Effect of phosphorus, calcium and boron on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogea* L.). International Journal of Bio-Science and Bio-Technology 5 (3): 51-59.

**Kamara, E. G., Olympio, N. S., and Asibuo, J. Y. 2011.** Effect of calcium and phosphorus fertilizer on the growth and yield of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science 8: 326-331.

**Khan, M. A., Din, J., Nasreen, S., Khan, M. Y., Khan, S. U., and Gurmani, A. R. 2009.** Response of sunflower to different levels of zinc and iron under irrigated conditions. Sarhad Journal of Agriculture 25 (2): 159-163.

**Khurana, N., and Chatterjee, C. 2001.** Influence of variable zinc on yield, seed oil content, and physiology of sunflower. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32: 3023-3030.

**Kirthisinghe, J. P., Thilakarathna, S., Gunathilaka, B. L., and Dissanayaka, D. 2014.** Impact of applying calcium on yield and visual quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Advances in Crop Science and Technology 25 (3): 432-436.

**Lee, J., Mahendra, S., and Alvarez, P. J. J. 2010.** Nanomaterials in the construction industry: a review of their applications and environmental health and safety considerations. ACS Nano 4: 3580-90.

**Luca, M. 2012.** Synthesis of metal nanoparticles in living plants. Italian Journal of Agronomy 7: 274-282.

**Mirvat, E., Gobarah, M., Mohamed, H., and Tawfik, M. M. 2006.** Effect of phosphorus fertilizer and foliar spraying with zinc on growth, yield and quality of

groundnut under reclaimed sandy soils. Journal of Applied Science Research 2 (8): 491-496.

**Mohammed, Z. H. 2004.** Evaluation of groundnut varieties for resistance to cercospora leaf spot in the Sudan Savanna of Nigeria. M.S.c Thesis. University of Maiduguri, Nigeria.

**Mostafavi Rad, M. 2013.** Study of seed yield and seed macro elements content of three winter rapeseed varieties as affected by different nitrogen sources. Electronic Journal of Crop Production 6 (1): 109-123 (in Persian).

**Murata, M. R. 2003.** The impact of soil acidity amelioration on groundnut production on sandy soils of Zimbabwe. Ph.D. Dissertation. University of Pretoria. Zimbabwe.

**Nakhzari Moghaddam, A. 2012.** Effect of detopping and plant density on yield and yield components of Barakat cultivar of faba bean (*Vicia faba* L.) in Gonbad Kavous. Iranian Journal of Field Crop Science 44 (4): 703-710 (in Persian).

**Ntare, B. R., Diallo, A. T., Ndjeunga, A. T., and Aliyar, F. 2008.** Groundnut seed production manual. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). 20 pp.

**Ozyigit, Y., and Mellmet, B. 2013.** Forage potential of some groundnut (*Arachis hypogea* L.) cultivars. Romanian Agriculture Research 30: 57-63.

**Panjtandoust, M., Sorooshzadeh, A., and Ghanati, F. 2010.** Effect of iron soil and spray applied on some quality characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) plants in a calcareous soil. Journal of Plant Biology 5: 37-50 (in Persian).

**Pendashteh, M., Tarighi, F., Ziaei Doustan, H., Keshavarz, A. K., Mazapour, E., Moradi, M., and Bozorgi, H. R. 2011.** Effect of foliar zinc spraying and nitrogen fertilization on seed yield and several attributes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). World Applied Science Journal 13(5): 1209-1217.

**Pilehvari Khomami, R., Safarzadeh Vishkaei, M. N., Sajedi, N., Rasuli, M., and Moradi, M. 2008.** Effect of methanol and zinc application on peanut qualitative and quantitative characteristic in Guilan region. New Findings in Agricuture 4 (8): 13-19. (in Persian).

**Ronald, B., Sorensen, R., Nuti, C., and Christopher, L. 2009.** Yield and plant growth response of peanut to mid-season forage harvest. Agronomy Journal 101 (5): 1198-1203.

**Salehin, F., and Rahman, S. 2012.** Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L. Agricultural Sciences 3(1): 9-13.

**Sharma, C. P. 2006.** Plant micronutrients. Science Publishers, Enfield, NH, USA. 265 pp.

**Stefania, M., Giovanna, S., Fabio, B., Pier Paolo, R., and Gian Franco, G. 2013.** Advances of nanotechnology in agro-environmental studies. Italian Journal of Agronomy 8: 127-140.

**Supraptoa, A., Sugitob, Y., Sitompulb, S., and Sudaryono, M. 2013.** Study of growth, yield and radiation energy conversion efficiency on varieties and different plant population of peanut. Procedia Environmental Sciences 17: 37 – 45.

**Zhao, K., and Wu, Y. 2017.** Effects of Zn deficiency and bicarbonate on the growth and photosynthetic characteristics of four plant species. Plos One 12 (1): e0169812. htt://doi.org/10.1371/Journal.pone.0169812.